

TRACÉ ET MODÉLISATION DE CARACTÉRISTIQUES - TP3

1. Caractéristique d'une diode

- Tout dipôle électrocinétique est caractérisé par une relation entre le courant I qui le traverse et la tension U entre ses bornes ; cette relation peut être exprimée sous forme d'équation ou sous forme graphique.
- Le but de ce TP n'est pas l'étude de la diode pour elle-même (seuls les dipôles linéaires seront étudiés en détail), mais en tant qu'exemple pour s'entraîner à manipuler et modéliser.
- Il existe plusieurs types de diodes en semi-conducteurs ; principalement :
 - ◊ les diodes simples (celles étudiées ici) s'opposent au passage du courant dans un sens (bloqué) et le laissent passer dans l'autre sens (passant) dès que la tension dépasse un certain seuil ;
 - ◊ les diodes Zéner laissent aussi passer le courant dans le sens "normalement" bloqué, dès que la tension dépasse un autre seuil (qui a l'avantage de pouvoir être choisi lors de la fabrication).

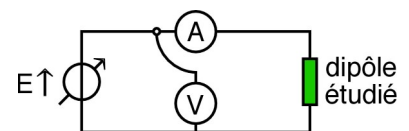
☞ remarque : dans tous les montages, attention à ne pas dépasser les **limites de fonctionnement** des diodes (généralement $\approx 150 \text{ mA}$) ; si le montage ne comporte pas de résistance, ajouter au besoin une résistance de protection R' en série avec le générateur ($I_{\max} < \frac{U_{\max}}{R'}$).

2. Mesure de la courbe "caractéristique"

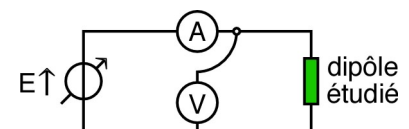
2.1. Préliminaire : défauts des montages de mesure

- Pour l'étude des diodes, il peut être nécessaire de choisir (pour chaque point de mesure) le schéma de montage de l'ampèremètre et du voltmètre (montage "courte dérivation" ou "longue dérivation") :

◊ si le courant I est faible et la tension U grande (portions "bloquées"), alors la tension aux bornes de l'ampèremètre est négligeable, par contre le courant dans le voltmètre peut ne pas être négligeable ; il faut donc utiliser le montage en longue dérivation.



◊ si le courant I est grand et la tension U faible (portions les plus "passantes"), alors le courant dans le voltmètre est négligeable, par contre la tension aux bornes de l'ampèremètre peut ne pas être négligeable ; il faut donc utiliser le montage en courte dérivation.



◊ remarque : avec les voltmètre modernes de très grande résistance, le montage en courte dérivation est en général le meilleur, mais ça peut ne pas être le cas pour certaines parties des caractéristiques des diodes.

2.2. Tracé point par point

- On veut tracer point par point la caractéristique d'une diode simple, en choisissant pour chaque point la méthode de mesure la mieux adaptée. Cela nécessite en fait de tracer **deux** graphiques.

☞ remarque : attention, les résistances du voltmètre et de l'ampèremètre dépendent du calibre utilisé (il faut choisir le calibre le mieux adapté et ne pas en changer pendant toute la série de mesure correspondant à un même graphique).

- Tracer un premier graphique pour le sens passant (cadrage : $0 \text{ V} \leq U \leq 1,2 \text{ V}$; $-10 \text{ mA} \leq I \leq 150 \text{ mA}$) en représentant pour chaque point les deux mesures courte et longue dérivation. En déduire laquelle des deux méthodes est la mieux adaptée dans ce cas.

Montrer qu'on peut en déduire la résistance de l'ampèremètre. En déduire qu'inversement, si on a effectué la mesure par la méthode inadaptée, on peut mesurer la résistance de l'ampèremètre et en déduire par le calcul la correction à apporter.

- Tracer un second graphique pour le sens bloqué (cadrage : $-12 \text{ V} \leq U \leq 0 \text{ V}$; $-1,5 \mu\text{A} \leq I \leq 0 \mu\text{A}$) en représentant pour chaque point les deux mesures courte et longue dérivation. En déduire laquelle des deux méthodes est la mieux adaptée dans ce cas.

Montrer qu'on peut en déduire la résistance du voltmètre. En déduire qu'inversement, si on a effectué la mesure par la méthode inadaptée, on peut mesurer la résistance du voltmètre et en déduire par le calcul la correction à apporter.

☞ remarque : si on veut observer les différences (parfois très petites), il est indispensable d'effectuer ces mesures **avec PRÉCISION** (les multimètres de précision sont sensibles au centième de microampère !).

3. Modélisation de la caractéristique

3.1. Modèle affine ; notions de f.c.e.m. et de résistance

- Pour un "conducteur ohmique", la caractéristique est de la forme "linéaire" : $U = R I$; on appelle alors "résistance" le quotient (coefficient de proportionnalité) : $R = \frac{U}{I}$.

- Pour un conducteur quelconque, la caractéristique n'est en général pas linéaire, mais on peut en trouver des approximations "affines par morceaux", c'est-à-dire se ramenant (par intervalles) à des expressions de la forme : $U = E + R I$, avec une f.e.m. E (force électromotrice ou contre-électromotrice) ; on appelle alors "résistance" la quantité : $R = \frac{U-E}{I}$.

Dans ce cas, le quotient $\frac{U}{I}$ peut être utilisé dans les calculs, mais il faut ne pas l'appeler "résistance".

Ainsi, il est de peu d'intérêt d'essayer de mesurer la "résistance" d'une diode à l'aide d'un ohmmètre, car la caractéristique n'est pas linéaire : l'ohmmètre affiche la valeur du quotient $\frac{U}{I}$, qui dépend de la tension U aux bornes de la pile de l'ohmmètre.

- Ajuster des représentations affines par morceaux pour décrire la caractéristique de la diode étudiée.

- Brancher un ohmmètre sur une diode (dans chacun des deux sens) et, en comparant les valeurs affichées (généralement dénuées de signification) avec la caractéristique tracée précédemment, en déduire l'ordre de grandeur de la tension U imposée par la pile de l'ohmmètre lors des mesures.

3.2. Modèle exponentiel

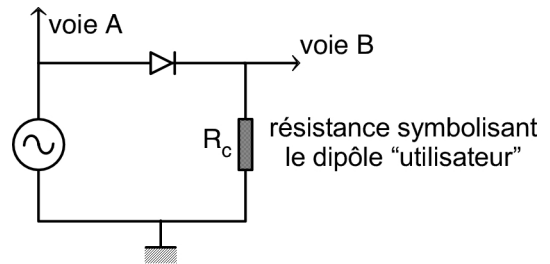
- On peut aussi proposer une modélisation exponentielle (ou exponentielle plus constante), basée sur le principe suivant : le franchissement d'un "saut d'énergie" ΔE sous l'effet de l'agitation thermique (température T) est proportionnel au "facteur de Boltzmann" $e^{-\Delta E/kT}$ (où k est la constante de Boltzmann).

4. Montage redresseur

4.1. Redressement “simple alternance”

• À l'aide du montage ci-contre (avec une résistance R_c choisie pour ne pas dépasser les limites de la diode), observer les propriétés de “redresseur” simple alternance de la diode (simple).

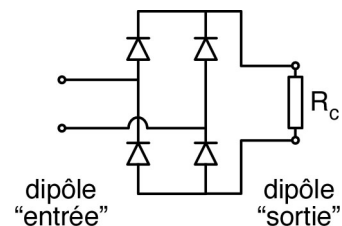
Pourquoi le fonctionnement est-il plus “efficace” si la tension délivrée par le générateur est nettement supérieure au seuil de la diode ?



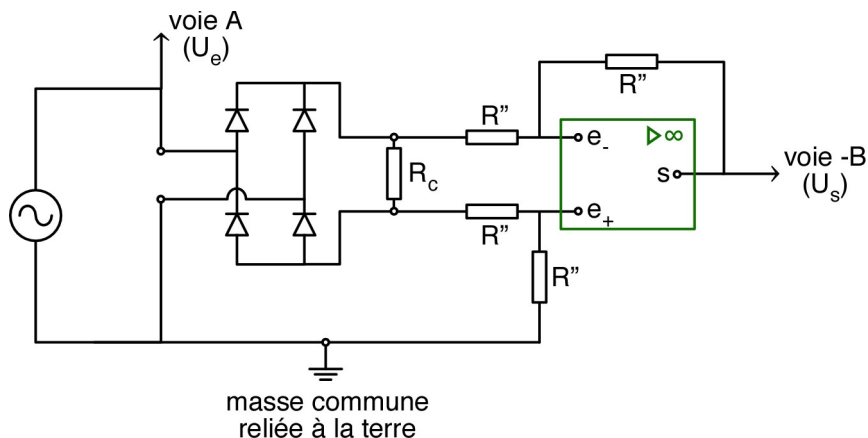
4.2. Redressement “double alternance” ; pont de Graetz

• Le pont de Graetz est un pont “redresseur” (double alternance) correspondant au montage ci-contre. Il s'agit en fait d'un “quadripôle” avec deux bornes d'entrée et deux borne de sortie.

Le tracé de sa caractéristique “utile” $U_s = U_s(U_e)$ consiste ici à visualiser en abscisse la tension U_e en entrée du pont et en ordonnée une tension U_s en sortie du pont.



Toutefois, les masses des deux entrées de l'oscilloscope étant généralement reliées à la terre (et donc reliées entre elles), on ne peut alors pas utiliser le montage précédent avec deux entrées sans masse commune. On peut par contre ajouter un montage soustracteur à amplificateur opérationnel (A.O.), toujours en retournant le sens de la voie B (bouton $-B$) car le montage est soustracteur inverseur.



♦ remarque : l'inconvénient de ce montage est qu'une partie du courant risque d'être dérivée dans les entrées du soustracteur ; il est donc indispensable d'utiliser R'' assez grand ($\approx 100 \text{ k}\Omega$).

• Vérifier ainsi le comportement “redresseur” du montage, correspondant à une caractéristique en forme de V (comme la fonction “valeur absolue”).

Quel est le principal avantage du redressement double-alternance ? Pourquoi le fonctionnement est-il plus “efficace” si la tension délivrée par le générateur est dans ce cas nettement supérieure au double du seuil de la diode ?

TRACÉ ET MODÉLISATION DE CARACTÉRISTIQUES - TP3

Matériel

Pour chaque groupe (9 groupes)

- 1 oscilloscope
- 2 adaptateurs BNC
- 1 générateurs BF
- 12 fils (des longs et des courts)
- 2 câbles coaxiaux (BNC d'un seul côté)
- 2 câbles coaxiaux (BNC des deux côtés)
- 1 raccord BNC en "T"
- 2 contrôleurs électroniques
- 2 boîtes de résistors $\times 1$ à $\times 1000 \Omega$
- 1 A.O. et son alimentation
- 4 diodes séparées (pour construire un pont de Graetz)
- 1 raccord à masse isolée et un transformateur d'isolement
- 1 plaquette de montage

Au bureau

divers résistors $\approx 100 \Omega$ à $100 \text{ k}\Omega$